

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФГБОУ ВО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
РОССИЙСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ  
АКАДЕМИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ  
КОНСЕРВИРОВАНИЯ  
ФГБОУ ВО «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
УО «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
АЛМААТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАТЕРИАЛЫ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ

«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
КОНСЕРВИРОВАНИЯ СЫРЬЯ РАСТИТЕЛЬНОГО И  
ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ»

18 МАЯ 2021 ГОД

Г. КРАСНОДАР

Кудина А.В., Павлов К.А.....	261
<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СО<sub>2</sub>-ЭКСТРАКЦИИ ЛАКРИЧНОГО КОРНЯ</b>	
Мухаммадиев Б.Т., Жумаев Ж., Мирзаева Ш.У.....	264
<b>АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ МЯТКИ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА</b>	
Саидмуратов Уктам Азимович, Курбанова Ширин Хикматовна.....	269
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ПРОТИРОЧНОЙ МАШИНЫ</b>	
Степанова Е.Г., Кошечкина С.Е., Печерица М.А.....	273
<b>СЕКЦИЯ «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ БАКАЛАВРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ»</b>	277
<b>РОЛЬ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПОЛУЧЕНИЯ ДОБАВОК С ПОМОЩЬЮ СЖИЖЕННЫХ И СЖАТЫХ ГАЗОВ</b>	
Касьянов Г.И.....	278
<b>ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЕ- ТЕНТНОСТИ БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ НА КАФЕДРАХ ПИЩЕВОГО ПРОФИЛЯ</b>	
Запорожский А.А., Савирих Н.Б., Шейкина Е.В.....	282
<b>УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БАКАЛАВРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВУЗОВ</b>	
Косенко О.В., Медведев А.М.....	286
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫПОЛНЕНИЯ НИР ПО СОЗДАНИЮ ПРОДУКТОВ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ</b>	
Мохаммад Ахмад Тауфик.....	289
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНСЕРВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУБАНИ</b>	
Деренкова И.А., Белоусова С.В., Косенко О.В., Котова О.Г., Стриженко А.В....	293
<b>ВВЕДЕНИЕ В ПРОФОРИЕНТАЦИЮ: ТЕХНОЛОГИЯ КОНСЕРВИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ</b>	
Запорожский А.А.....	297
<b>ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ И НИР</b>	
Касьянов Г.И., Запорожская С.П., Кензеева Д.С., Котов М.А.....	301
<b>TO STUDYING THE RATIONAL PROCESSING COURSE SECONDARY WINE PRODUCTS</b>	
Aleshkevich Yu.S., Khristyuk V.T., Olkhovarov E.A., Khristiuk A.V.....	305
<b>ВОЗРОДИТЬ ПРОФЕССИЮ ИНЖЕНЕРА-ТЕХНОЛОГА ПО ПЕРЕРА- БОТКЕ РЫБЫ И МОРЕПРОДУКТОВ</b>	
Золотокопова С.В.....	309
<b>АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ</b>	314

В. Заключение договоров с иностранными предприятиями и как следствие усиление интеграции в международные системы оценки качества.

Г. Запуск программы обучения сотрудников с другими странами, стажировки.

Сильные стороны + Угрозы:

А. Осуществление анализа поставок и применение качественного фермерского сырья.

Б. Сокращение выпуска бесперспективных видов продукции.

Выводы: после выявления и анализа факторов внешней и внутренней среды, оценки возможностей и угроз, а также разработки стратегических решений с помощью ситуационной матрицы, путем формирования основных направлений таких как: привлечение грамотных молодых специалистов, разработка новых наукоемких технологий, развитие дистанционного обучения персонала, применения международного опыта и сотрудничества, внедрения международных стандартов, внедрения в производственный процесс инновационных решений, модернизации системы контроля качества позволят принимать грамотные управленческие решения и существенно повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

264

#### Список литературы:

1. Зайцев Л.Г. Стратегический менеджмент/ Л.Г.Зайцев, М.И. Соколова. – М.:Магистр,2016.–256с.

2. Тимофеев С.В. Практический SWOT-анализ/ С.В.Тимофеев.– М.:Норма,2016.–83с.

3. Кудина, А. В. Применение SWOT-анализа для сопоставления данных при анализе внутренней и внешней среды и реализации стратегий развития производственного предприятия / А. В. Кудина // Приборостроение – 2019 : материалы 12-й Международной научно-технической конференции, 13–15 ноября 2019 года, Минск, Республика Беларусь / редкол.: О. К. Гусев (председатель) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2019. – С. 200-202.

УДК 541.123.546

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СО<sub>2</sub>-ЭКСТРАКЦИИ ЛАКРИЧНОГО КОРНЯ

Мухамадиев Б.Т., Жумаев Ж., Мирзаева Ш.У.

Бухарский инженерно-технологический институт,  
Бухарский государственный университет

**Аннотация.** Решение различных задач на основе системного анализа приведет к основательному изучению взаимосвязи между элементами

подпроцессов, находящиеся в конкретном иерархическом уровне. Например, целесообразно исследование процесса экстракции лакричного корня в экстракционной установке с СК-СО<sub>2</sub> на основе общей математической модели, разработанной на основе разбиения процесса на элементарные подпроцессы и изучения их, и последующего объединения результатов исследований в общую систему. Для этого потребуются сформулирование основных характеристик протекания процесса в условиях статического и динамического режима работы аппарата.

При математическом моделировании процесса экстракции абстрактное представление процесса имеет решающее значение. Ниже проведено математическое моделирование массообмена в квазислоях жмыха в системе "твердая частица+газ-жидкость".

**Ключевые слова:** Математическое моделирование, экстракция, квазислой, мисцелла, концентрация ингредиентов, коэффициент диффузии.

Моделирование процесса экстракции в квазислоях частицы материала. Принимая приведенные допущения сформируем математическую модель массообмена во внутренних и средних квазислоях частицы, а также в квазислоях, непосредственно соприкасающихся с растворителем. Как известно, в квазислоях жмыха вещество проходит к поверхности соприкосновения с растворителем посредством молекулярной диффузии.

Уравнение материального баланса в среднем квазислое частицы материала:

$$\frac{dM_{\text{мж3}}}{dt} = G_{\text{пр3}} - G_{\text{рас3}} \quad (1)$$

где  $G_{\text{пр3}}$  — приход ингредиентов в квазислой частицы жмыха, (м<sup>3</sup>/с);  $G_{\text{рас3}}$  — расход ингредиентов через квазислой частицы жмыха, (м<sup>3</sup>/с).

Как известно, количество ингредиентов  $M_{\text{мж3}}$ , прошедшего через средний квазислой на внешний слой равно произведению количества мисцеллы  $M_{\text{мж3}}$ , прошедшей этот слой на концентрацию ингредиентов в этой мисцелле  $a_{\text{мж3}}$ :

$$M_{\text{мж3}} = M_{\text{мж3}} \cdot a_{\text{мж3}} \quad (2)$$

тогда:

$$\frac{d(M_{\text{мж3}} \cdot a_{\text{мж3}})}{dt} = G_{\text{пр3}} - G_{\text{рас3}} \quad (3)$$

Внизу проанализируем математическое выражение, описывающее изменения концентрации ингредиентов в мисцелле:

$$\frac{da_2}{dt} = \frac{1}{m_3} \cdot (G_{\text{пр3}} - G_{\text{рас3}}) \quad (4)$$

Масса мисцеллы  $m_3$ , находящейся в среднем квазислое частицы, равна произведению объема  $V_{\text{мж3}}$  и плотности  $\rho_{\text{мж3}}$  этой мисцеллы:

$$m_3 = V_{\text{мж3}} \cdot \rho_{\text{мж3}} \quad (5)$$

Объем мисцеллы  $V_{\text{мж3}}$ , находящейся в среднем квазислое частицы,

равна произведению разницы между объемами внешнего слоя  $V_{\text{внеш}3}$  и внутреннего слоя  $V_{\text{внутр}4}$  и значения пористости жмыха  $z$ :

$$V_{\text{мц}3} = (V_{\text{внеш}3} - V_{\text{внутр}4}) \cdot z \quad (6)$$

Так как слои имеют форму шара, их объемы определяем по следующим формулам:

$$V_{\text{внеш}3} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_{\text{внеш}3}^3 \quad (7)$$

$$V_{\text{внутр}4} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_{\text{внутр}4}^3$$

где:  $r_{\text{внеш}3}$  и  $r_{\text{внутр}4}$  – радиусы внешнего и внутреннего квазислоя жмыха, соответственно.

Определяем радиусы внешнего и внутреннего квазислоя частицы жмыха:

$$r_{\text{внеш}3} = \frac{R}{n} \cdot (n - i + 1) \quad (8)$$

$$r_{\text{внутр}4} = \frac{R}{n} \cdot (n - i)$$

Плотность мисцеллы:

$$\rho_{\text{мц}3} = \rho \cdot (1 - \alpha_3) + \rho_{\text{мкс}} \cdot \alpha_{\text{мкс}3} \quad (9)$$

где  $\rho$  и  $\rho_{\text{мкс}}$  – плотность растворителя и ингредиентов, соответственно, ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ).

Расход ингредиентов, прошедшего из среднего квазислоя на внешний слой равен произведению коэффициента массопередачи, площади массопередачи и разности концентраций (движущей силе процесса):

$$G_{\text{рас}3} = k \cdot F_{\text{внеш}} \cdot (a_{\text{внутр}3} - a_{t2}) \quad (10)$$

$$G_{\text{пр}3} = k \cdot F_{\text{вн}} \cdot (a_{t4} - a_{\text{внутр}3}) \quad (11)$$

Коэффициент массопередачи прямопропорционально коэффициенту диффузии и плотности мисцеллы и обратно пропорционально толщине слоя, т.е.:

$$k = \frac{D \cdot \rho_{\text{мц}}}{\delta} \quad (12)$$

Толщину квазислоя частицы жмыха  $\delta$  определяем отношением радиуса частицы  $R$  к количеству слоев  $n$ :

$$\delta = \frac{R}{n} \quad (13)$$

Рабочие площади внешнего и внутреннего квазислоев частицы жмыха определяются:

$$F_{\text{внеш}3} = 4 \cdot \pi \cdot r_3^2 \quad (14)$$

$$F_{\text{внутр}3} = 4 \cdot \pi \cdot r_{\text{внутр}4}^2$$

Математическое описание средней концентрации ингредиентов в мисцелле, находящейся в квазислоях жмыха. С целью повышения адекватности результатов математической модели и экспериментальных результатов при проведении расчетов принимаем что, средняя концентрация ингредиентов выходящего из квазислоев частицы жмыха равна концентрации



ингредиентов выходящего из частицы к растворителю, т.е.  $a_0 = a_{cp}$ .

Среднюю концентрацию ингредиентов выходящего из кзавислоев частицы жмыха определяем по следующему математическому выражению:

$$a_0 = a_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^5 m_i a_i}{\sum_{i=1}^5 m_i} \quad (15)$$

т.е. средняя концентрация ингредиентов выходящего из кзавислоев частицы жмыха равна отношению суммы произведений массы и концентрации ингредиентов в каждом кзавислоев к сумме массы ингредиентов в этих кзавислоях:

$$a_0 = a_{cp} = (m_1 a_1 + m_2 a_2 + m_3 a_3 + m_4 a_4 + m_5 a_5) / (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5) \quad (16)$$

где  $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5$  – масса ингредиентов в каждом кзавислоев, соответственно;  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  – концентрация ингредиентов в каждом кзавислоев, соответственно.

На рис.1 приведены входящие и выходящие показатели в аппарат как объекта экстракции следующие: входящий расход жмыха, начальная концентрация ингредиентов в жмыхе, расход шрота, остаточная концентрация ингредиентов в шроте, входящий расход растворителя и его концентрация, концентрация мисцеллы.

Материальный баланс, утверждающее равенство разницы между расходом твердой фазы (жмыха лакричного корня) и расходом ингредиентов в его составе и разницы между расходом шротом и остаточного количества ингредиентов в шроте, выражает неизменность расхода твердой фазы в процессе экстракции жмыха лакричного корня.

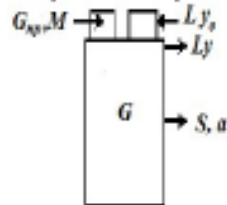


Рисунок 1 Схема процесса экстракции во взвешенном состоянии жмыха

Этот материальный баланс следующий:

$$G_0 - G_0 \cdot a_0 = G_{ш} - G_{ш} \cdot a \quad (17)$$

где  $G_0$  – расход жмыха в аппарате;  $a_0$  – начальная концентрация ингредиентов в жмыхе, т.е. средняя концентрация ингредиентов в мисцелле ( $a_{cp}$ ), выходящей из слоев частицы жмыха;  $G_{ш}$  – расход шрота, выходящего из аппарата;  $a$  – остаточное количество ингредиентов в шроте, выходящего из аппарата.

В формуле (16) выводим из скобок одинаковые переменные и получим:

$$G_0 \cdot (1 - a_0) = G_{ш} (1 - a) \quad (18)$$

Расход шрота, выходящего из аппарата:

$$G_{ш} = G_0 \frac{1 - a_0}{1 - a} \quad (19)$$

Расход ингредиентов, перешедшего в жидкую фазу, т.е. в растворитель определяется разностью расхода ингредиентов при входе в аппарат и расхода ингредиентов при выходе аппарата:

$$G_m = G_0 \cdot a_0 - G \cdot a \quad (20)$$

или, если  $G$  выразит через  $G_0$ , тогда получим:

$$G_m = G_0 \cdot a_0 - G_0 \frac{1-a_0}{1-a} \cdot a \quad (21)$$

В общем случае расход ингредиентов из жмыха лакричного корня в растворитель, который зависит от  $G_0$ ,  $a_0$ ,  $a$ , определяем по следующей формуле:

$$G_m = G_0 \cdot \left( a_0 - \frac{1-a_0}{1-a} \cdot a \right) \quad (22)$$

Согласно материальному балансу в системе фазы «твердое тело-жидкость» в первом уровне аппарата определяем изменение концентрации ингредиентов в растворителе по времени:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{V\rho} (Ly_0 - Ly + G_m) \quad (23)$$

где:  $L$ ,  $V$  и  $\rho$  – расход, объем и плотность жидкой фазы, соответственно;  $y_0$  – начальная концентрация ингредиентов в растворителе;  $y$  – выходная концентрация ингредиентов в мисцелле;  $G_m$  – расход ингредиентов, перешедшего из жмыха в растворитель.

Из равенства расходов растворителя при входе и выходе из первого уровня аппарата получим:

$$L_0(1-y_0) = L(1-y) \quad (24)$$

где  $L_0$  – расход растворителя при входе в аппарат;  $L$  – расход мисцеллы из первого уровня аппарата.

Отсюда расход мисцеллы из первого уровня аппарата равен:

$$L = L_0 \frac{1-y_0}{1-y} \quad (25)$$

Согласно уравнениям (2.14) и (2.16) получим:

$$\frac{dy}{dt} \cdot m = L_0 \cdot y_0 - L_0 \frac{1-y_0}{1-y} y + G_m \quad (26)$$

или

$$\frac{dy}{dt} \cdot m = L_0 \cdot \left( y_0 - \frac{1-y_0}{1-y} y \right) + G_m \quad (27)$$

Проводя некоторые арифметические операции в выражении (27) определим концентрацию мисцеллы при выходе из уровня  $y$ :

$$y = \frac{L_0 y_0 + G_m}{G_m + L} \quad (28)$$

Проведено несколько экспериментов с разработанной моделью при различных коэффициентах диффузии. После введения начальных параметров при нажатии кнопки «Расчет» получили график изменения концентрации ингредиентов в твердой и жидкой фазах материала (рис.2.а) и уменьшения концентрации ингредиентов в квазислоях частицы жмыха, имеющих определенные свои значения диаметра (рис.2. б). Как видно из рис.2. быстрее уменьшается концентрация ингредиентов во внешнем слое, т.е. здесь относительно быстрее удаляется ингредиентов во внешний слой и сюда поступает Ingredi-

ингредиенты из нижнего слоя. Интенсивность массопереноса зависит от значения коэффициента диффузии. В нашем случае, значение коэффициента диффузии выбрано  $D=4,5 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ , так как при предварительно измельченном и обработанном сырье соответствует такой показатель коэффициента диффузии. Продолжительность экстракции составляет 9000 сек. При этом общее содержание экстрактивных веществ жмыха уменьшается с 40 % до 14 %.

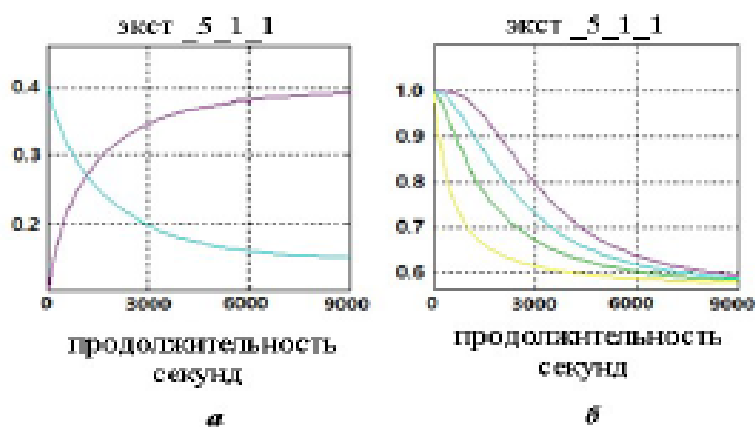


Рисунок 2. Изменение концентрации ингредиентов в твердой и жидкой фазах при коэффициенте диффузии  $D=4,5 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$  (а) и уменьшение концентрации ингредиентов в квазислоях (б)

Таким образом, с помощью разработанной математической модели рассмотрим теоретическую картину процесса.

УДК 665.3.099.73.011.8.